

REC'D 26 APR 2004

WIPO PCT

# BREVET D'INVENTION

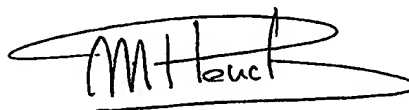
CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 30 JAN. 2004

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets



Martine PLANCHE

DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DS 543 W / 21

<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE <b>7 FEV 2003</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0301444</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE <b>07 FEV. 2003</b> PAR L'INPI		<b>2</b> NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE  Cabinet LHERMET LA BIGNE & REMY 191, rue Saint-Honoré 75001 PARIS France	
Vos références pour ce dossier (facultatif) <b>BR 8000/VR/MB</b>			
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
<b>2</b> NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i> <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i>		N°	Date
		N°	Date
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		<input type="checkbox"/>	Date
		N°	Date
<b>3</b> TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)			
Dispositif et procédé de transmission optique à très haut débit, utilisation de ce dispositif et de ce procédé			
<b>4</b> DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> N° Pays ou organisation Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> N° Pays ou organisation Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5</b> DEMANDEUR		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		FRANCE TELECOM	
Prénoms			
Forme juridique			
N° SIREN			
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	6 place d'Alleray	
	Code postal et ville	75015	PARIS
Pays			
Nationalité			
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			

Réservé à l'INPI

REMISE DES PIÈCES

DATE **7 FEV 2003**

LIEU **75 INPI PARIS**

N° D'ENREGISTREMENT

**0301444**

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

CB 540 W /26089

**Vos références pour ce dossier :**

(facultatif)

**BR 8000/VR/MB**

**6 MANDATAIRE**

Nom

Prénom

Cabinet ou Société

**Cabinet LHERMET LA BIGNE & REMY**

N° de pouvoir permanent et/ou  
de lien contractuel

Adresse

Rue

**191, rue Saint-Honoré**

Code postal et ville

**75001 PARIS**

N° de téléphone (facultatif)

**01 44 77 80 00**

N° de télécopie (facultatif)

**01 44 77 88 44**

Adresse électronique (facultatif)

**cabinet@lhermetlabigneremy.fr**

**7 INVENTEUR (S)**

Les inventeurs sont les demandeurs

☐ Oui

☒ Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée

**8 RAPPORT DE RECHERCHE**

Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)

Établissement immédiat  
ou établissement différé

☒

☐

Paiement échelonné de la redevance

Paiement en deux versements, uniquement pour les personnes physiques

☐ Oui

☒ Non

**9 RÉDUCTION DU TAUX  
DES REDEVANCES**

Uniquement pour les personnes physiques

☐ Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition)

☐ Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):

Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite»,  
indiquez le nombre de pages jointes

**10 SIGNATURE DU DEMANDEUR  
OU DU MANDATAIRE**

(Nom et qualité du signataire)

**Cabinet LHERMET LA BIGNE & REMY**

**Guillaume de LA BIGNE (CPI n° 95-0201)**

**VISA DE LA PRÉFECTURE  
OU DE L'INPI**

**C. TRAN**

La présente invention concerne un dispositif de transmission d'un signal à travers un réseau optique de transmission de données. L'invention concerne également un procédé de transmission correspondant ainsi qu'une utilisation de ce dispositif et de ce procédé.

5 Plus précisément, l'invention concerne un dispositif de transmission à travers un réseau optique de transmission de données, du type comportant un émetteur d'impulsions et au moins une fibre de ligne pour la transmission d'au moins une impulsion dans cette fibre de ligne.

10 Un tel dispositif de transmission est connu et est utilisé pour des transmissions à très haut débit, tel que par exemple 40 Gbit/s ou davantage. Depuis peu, on souhaite utiliser ce type de dispositif pour des transmissions dont le débit atteint ou est supérieur à 160 Gbit/s.

15 A de tels débits, des distorsions non linéaires du signal peuvent apparaître. Ces distorsions augmentent de façon importante les erreurs de transmission. En particulier, les effets non linéaires intra-canal connus de type SPM (pour "Self Phase Modulation", c'est-à-dire auto-modulation de phase), ICXPM (pour "Intra Channel Cross Phase Modulation", c'est-à-dire modulation de phase croisée intra-canal), ICFWM (pour "Intra Channel Four Wave Mixing", c'est-à-dire mélange à quatre ondes intra-canal), ICSRS (pour "Intra Channel Stimulated Raman Scattering", c'est-à-dire diffusion Raman stimulée intra-canal), ou auto-raïdissement, ont des conséquences très lourdes sur la qualité de transmission.

20 Une solution pour réduire l'accumulation de distorsions non linéaires consiste à remplacer une fibre de ligne située entre deux dispositifs d'amplification par une succession de portions de fibres optiques comportant alternativement une dispersion chromatique positive et négative, avec une courte périodicité. Cette solution est compliquée et n'est pas très pratique d'utilisation. En effet, alterner différents types de fibres dans un câble est techniquement complexe. De plus, cela présente l'inconvénient de rendre plus difficile une intervention en cas de rupture de câble entre deux dispositifs d'amplification, puisqu'il n'est alors pas aisé de savoir quel type de fibre est à remplacer.

25 L'invention a pour but de remédier à ces inconvénients en fournissant un dispositif de transmission capable de transmettre un signal sans distorsion non linéaire, à moindre coût, même à très haut débit.

30 L'invention a donc pour objet un dispositif de transmission du type précité, caractérisé en ce qu'il comporte un module d'élargissement linéaire d'impulsions comportant un milieu de propagation dispersif et linéaire dont la dispersion chromatique cumulée est suffisamment élevée pour réduire la puissance de crête de l'impulsion en deçà d'un seuil prédéterminé, seuil au-dessus duquel un signal est susceptible de subir

des distorsions non linéaires dans la fibre de ligne, ce module d'élargissement étant disposé entre l'émetteur et la fibre de ligne.

En effet, les distorsions non linéaires d'un signal dans la fibre de ligne apparaissent pour des puissances instantanées du signal dépassant un certain seuil.

5        Ainsi, le dispositif de transmission selon l'invention impose la propagation de l'impulsion à travers un milieu dispersif et linéaire avant de transmettre l'impulsion dans la fibre de ligne, de sorte que la puissance de crête de l'impulsion soit suffisamment réduite, pour être située en dessous dudit seuil lorsque l'impulsion entre dans la fibre de ligne, garantissant qu'ensuite toute distorsion du signal sera linéaire dans la fibre de ligne.

10        Un dispositif de transmission selon l'invention peut en outre comporter l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- le module d'élargissement comprend une fibre de type HOM, SLA, ou à cristaux photoniques ;

15        - le dispositif comporte une pluralité de modules d'amplification, disposés régulièrement le long de la fibre de ligne, comportant chacun un module de compensation de dispersion comprenant un milieu de propagation dispersif et linéaire ; et

- le module de compensation de dispersion comprend une fibre de type HOM, SLA, ou à cristaux photoniques.

20        L'invention a également pour objet l'utilisation d'un dispositif de transmission tel que décrit précédemment pour un réseau optique à débit au moins égal à 160 Gbit/s.

25        L'invention a également pour objet un procédé de transmission d'un signal à travers un réseau optique de transmission de données comportant les étapes consistant à émettre au moins une impulsion et à transmettre cette impulsion à travers un réseau optique de transmission de données comportant au moins une fibre de ligne, caractérisé en ce qu'il comporte en outre, avant de transmettre l'impulsion dans la fibre de ligne, une étape consistant à transmettre l'impulsion dans un milieu de propagation dispersif et linéaire dont la dispersion chromatique cumulée est suffisamment élevée pour réduire la puissance de crête de l'impulsion en deçà d'un seuil prédéterminé, seuil au-dessus duquel un signal est susceptible de subir des distorsions non linéaires dans la fibre de ligne.

30

35        Un procédé de transmission selon l'invention peut en outre comporter la caractéristique selon laquelle, l'impulsion transmise étant amplifiée par des modules d'amplification disposés régulièrement le long de la fibre de ligne, on transmet l'impulsion, dans ces modules d'amplification, dans un milieu de propagation dispersif et linéaire pour compenser la dispersion subie par l'impulsion dans la fibre de ligne.

Enfin, l'invention a pour objet l'utilisation d'un procédé tel que décrit précédemment pour une transmission optique à débit au moins égal à 160Gbit/s.

L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés dans lesquels :

- 5       - la figure 1 représente un dispositif de transmission optique selon l'invention ;
- la figure 2 représente l'allure d'une impulsion se propageant dans le dispositif de transmission optique de la figure 1 ; et
- la figure 3 est un diagramme qui représente l'évolution de la largeur temporelle d'une impulsion se propageant dans le dispositif optique de la figure 1.

10       Le dispositif représenté sur la figure 1 comporte un émetteur d'impulsions 10 adapté pour l'émission de signaux à très haut débit dans une fibre optique de ligne 12.

La fibre de ligne 12 est par exemple une fibre de type SSMF (pour "Standard Single Mode Fiber", c'est-à-dire fibre mono-mode standard), conforme à la norme UIT G.652.

15       Pour la modulation du signal à l'intérieur du dispositif de transmission, on utilise, de façon classique un multiplexage temporel optique de type OTDM (pour "Optical Time Division Multiplexing") ou un multiplexage en longueur d'onde de type WDM (pour "Wavelength Division Multiplexing").

20       Le dispositif comporte en outre un module 14 d'élargissement linéaire d'impulsions comportant un milieu de propagation dispersif et linéaire, caractérisé par un coefficient de dispersion chromatique prédéterminé.

Dans ce type de milieu, même à très haut débit, les effets non linéaires sont considérablement réduits. En fait, ils n'apparaissent que pour des puissances de signaux très nettement supérieures à celles à partir desquelles ces mêmes effets sont susceptibles d'apparaître dans la fibre de ligne 12.

25       Le module d'élargissement 14 peut par exemple comporter une fibre optique de type HOM (pour "Higher Order Mode", c'est-à-dire mode d'ordre supérieur), de type SLA (pour "Super Large effective Area", c'est-à-dire à très large surface effective) ou une fibre à cristaux photoniques.

30       Par exemple, pour une transmission à 160 Gbit/s d'impulsions 10 dont la largeur temporelle à mi-hauteur est de 2 ps, on choisit, pour le module d'élargissement 14, une fibre optique de dispersion cumulée de 5,4 ps/nm pour un facteur d'élargissement de 2, de 8,9 ps/nm pour un facteur d'élargissement de 3, de 12,2 ps/nm pour un facteur d'élargissement de 4, de 15,4 ps/nm pour un facteur d'élargissement de 5, ou encore de 31,2 ps/nm pour un facteur d'élargissement de 10, selon le résultat souhaité. Ces calculs  
35       sont connus de l'homme du métier et ne seront pas détaillés davantage.

Le module 14 d'élargissement linéaire d'impulsions est disposé entre l'émetteur d'impulsions 10 et la fibre de ligne 12.

De façon régulière, par exemple tous les 100 km, la fibre de ligne est interrompue et un module d'amplification 16 est inséré dans cette fibre de ligne 12. Ce module  
5 d'amplification 16 comporte de façon classique, en entrée et en sortie, deux amplificateurs 18 entre lesquels est inséré un module 20 de compensation de dispersion du même type que le module d'élargissement 14.

Comme le module d'élargissement 14, le module 20 de compensation de dispersion comprend un milieu de propagation dispersif et linéaire. Il peut donc aussi comporter une  
10 fibre optique de type HOM, de type SLA ou à cristaux photoniques.

Le fait qu'un signal subisse un élargissement temporel ou au contraire une concentration temporelle dans un milieu dispersif dépend des propriétés du signal en entrée de ce milieu et des propriétés du milieu précédemment traversé, notamment du  
15 signe de son coefficient de dispersion. Le choix des paramètres de chaque milieu de propagation, que ce soit dans la fibre de ligne 12, dans le module 14 d'élargissement linéaire d'impulsion, ou dans le module 20 de compensation de dispersion, ayant pour effet l'élargissement ou la concentration temporelle du signal transmis, est connu de l'homme du métier et ne sera donc pas détaillé dans la suite.

L'allure générale d'une impulsion 30 émise par l'émetteur 10 est représentée sur la  
20 figure 2, à différents endroits du dispositif de transmission.

En A, c'est-à-dire à la sortie de l'émetteur 10, l'impulsion 30 a une puissance de crête  $P_c$  supérieure à un seuil  $S$  prédéterminé. Ce seuil  $S$  correspond à une puissance de signal au-delà de laquelle ce signal est susceptible de subir des distorsions non linéaires lorsqu'il se propage à travers la fibre de ligne 12. On notera également qu'en sortie de  
25 l'émetteur 10, l'impulsion 30 a une largeur temporelle à mi-hauteur  $\Delta\tau$  faible.

Pour éviter les distorsions non linéaires, l'impulsion 30 se propage tout d'abord dans le module d'élargissement linéaire d'impulsions 14 en sortie duquel, au point B, la puissance de crête  $P_c$  a diminué pour se retrouver en dessous du seuil  $S$ . En contrepartie, l'impulsion 30 est temporellement élargie, c'est-à-dire que la valeur de  $\Delta\tau$  a augmenté  
30 entre A et B.

La puissance de l'impulsion étant alors toujours inférieure à  $S$ , celle-ci peut se propager dans la fibre de ligne 12 sans subir de distorsion non linéaire.

Ensuite, en C, l'impulsion 30 s'étant atténuée lors de sa propagation dans la fibre de ligne 12, sa puissance de crête  $P_c$  atteint, par exemple au bout de 100 km, une valeur  
35 nécessitant une amplification du signal.

Dans le module d'amplification 16, l'impulsion 30 traverse tout d'abord le premier amplificateur 18, ce qui a pour effet d'augmenter sa puissance de crête  $P_c$ . Par contre, la largeur de l'impulsion  $\Delta\tau$  n'est pas modifiée.

5 Puis, l'impulsion se propage dans le module de compensation de dispersion 20, pour atteindre en sortie de ce module, c'est-à-dire au point E, une valeur de puissance de crête encore supérieure mais inférieure au seuil S, avec une largeur  $\Delta\tau$  ramenée à sa valeur en B.

Ensuite, l'impulsion 30 travers le deuxième amplificateur 18, de sorte qu'en F elle reprend la même forme qu'en B.

10 Ensuite, aux points G, H, I, J, l'impulsion 30 a de nouveau la même forme qu'aux points C, D, E et F.

Le diagramme de la figure 3 représente l'évolution de la largeur temporelle de l'impulsion 30 au cours de sa propagation dans le dispositif de transmission optique.

15 Entre A et B, dans le module 14 d'élargissement linéaire d'impulsions, l'impulsion est élargie, pour que sa puissance de crête soit inférieure au seuil S. Ensuite, entre B et C, dans la fibre de ligne 12, l'impulsion continue à s'élargir progressivement et subit également une atténuation.

20 Entre C et F, l'impulsion est d'une part amplifiée par les deux amplificateurs 18 et d'autre part redressée par le module 20 de compensation de dispersion, ce qui a pour effet de redonner à la largeur temporelle  $\Delta\tau$ , la valeur qu'elle avait en B.

Ensuite, entre F et G, l'impulsion subit les mêmes transformations (élargissement et atténuation) qu'entre B et C dans la fibre de ligne 12. Enfin, entre G et J, le signal subit le même redressement qu'entre C et F.

25 Le dispositif de transmission optique comportant des modules d'amplification 16 disposés régulièrement par exemple tous les 100 km, le signal représentant l'évolution de la largeur temporelle d'impulsions le long de ce dispositif est un signal périodique de périodes (B,F).

30 Il apparaît clairement qu'un dispositif de transmission selon l'invention et le procédé de transmission correspondant, permettent la transmission, sans distorsion non linéaire d'impulsions, même à très haut débit, et notamment à des débits pouvant atteindre ou dépasser 160 Gbit/s.

De façon plus générale, même à des débits inférieurs, c'est-à-dire par exemple dès 40 Gbit/s, ce dispositif est particulièrement bien adapté pour la transmission optique.



## REVENDECATIONS

5 1. Dispositif de transmission d'un signal à travers un réseau optique de transmission de données, comportant un émetteur d'impulsions (10) et au moins une fibre de ligne (12) pour la transmission d'au moins une impulsion (30) dans cette fibre de ligne, caractérisé en ce qu'il comporte un module (14) d'élargissement linéaire d'impulsions comportant un milieu de propagation dispersif et linéaire dont la dispersion chromatique cumulée est suffisamment élevée pour réduire la puissance de crête ( $P_c$ ) de l'impulsion en deçà d'un seuil (S) prédéterminé, seuil au-dessus duquel un signal est susceptible de subir des distorsions non linéaires dans la fibre de ligne, ce module d'élargissement (14) étant disposé entre l'émetteur (10) et la fibre de ligne (12).

15 2. Dispositif de transmission selon la revendication 1, caractérisé en ce que le module d'élargissement (14) comprend une fibre de type HOM, SLA, ou à cristaux photoniques.

20 3. Dispositif de transmission selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comporte une pluralité de modules d'amplification (16), disposés régulièrement le long de la fibre de ligne (12), comportant chacun un module (20) de compensation de dispersion comprenant un milieu de propagation dispersif et linéaire.

4. Dispositif de transmission selon la revendication 3, caractérisé en ce que le module (20) de compensation de dispersion comprend une fibre de type HOM, SLA, ou à cristaux photoniques.

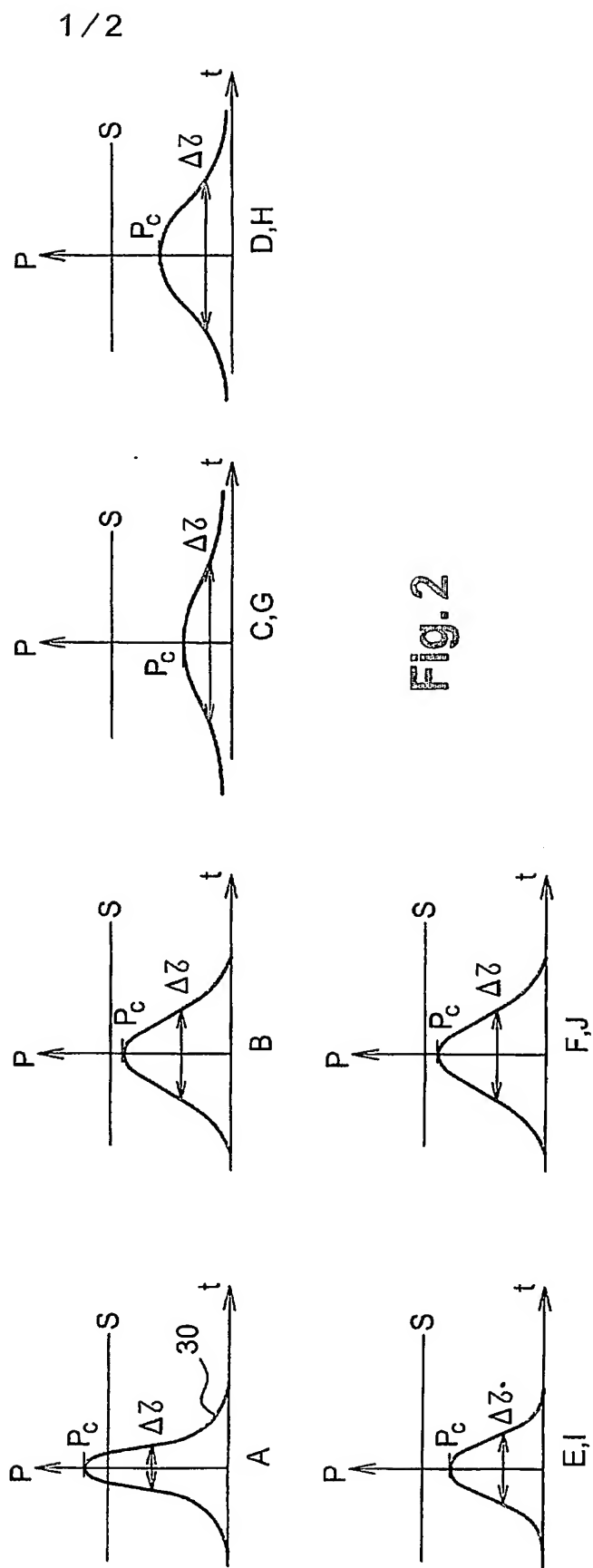
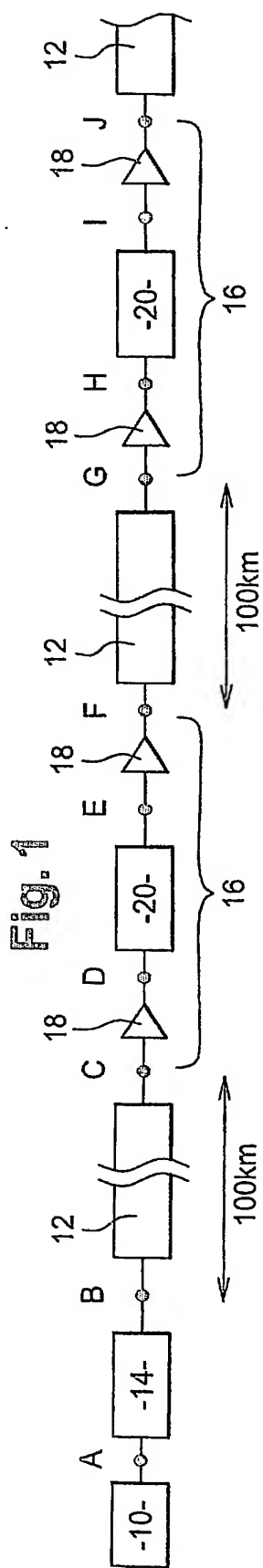
25 5. Utilisation d'un dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, pour un réseau optique à débit au moins égal à 160 Gbit/s.

30 6 Procédé de transmission d'un signal à travers un réseau optique de transmission de données comportant les étapes consistant à émettre au moins une impulsion (30) et à transmettre cette impulsion à travers un réseau optique de transmission de données comportant au moins une fibre de ligne (12), caractérisé en ce qu'il comporte en outre, avant de transmettre l'impulsion dans la fibre de ligne, une étape consistant à transmettre l'impulsion dans un milieu (14) de propagation dispersif et linéaire dont la dispersion chromatique cumulée est suffisamment élevée pour réduire la puissance ( $P_c$ ) de crête de l'impulsion en deçà d'un seuil (S) prédéterminé, seuil au-dessus duquel un signal est susceptible de subir des distorsions non linéaires dans la fibre de ligne.

35

5 7. Procédé de transmission selon la revendication 6, caractérisé en ce que, l'impulsion transmise étant amplifiée par des modules d'amplification (16) disposés régulièrement le long de la fibre de ligne, on transmet l'impulsion, dans ces modules d'amplification, dans un milieu de propagation dispersif et linéaire pour compenser la dispersion subie par l'impulsion dans la fibre de ligne.

8. Utilisation d'un procédé selon la revendication 6 ou 7, pour une transmission optique à débit au moins égal à 160 Gbit/s.



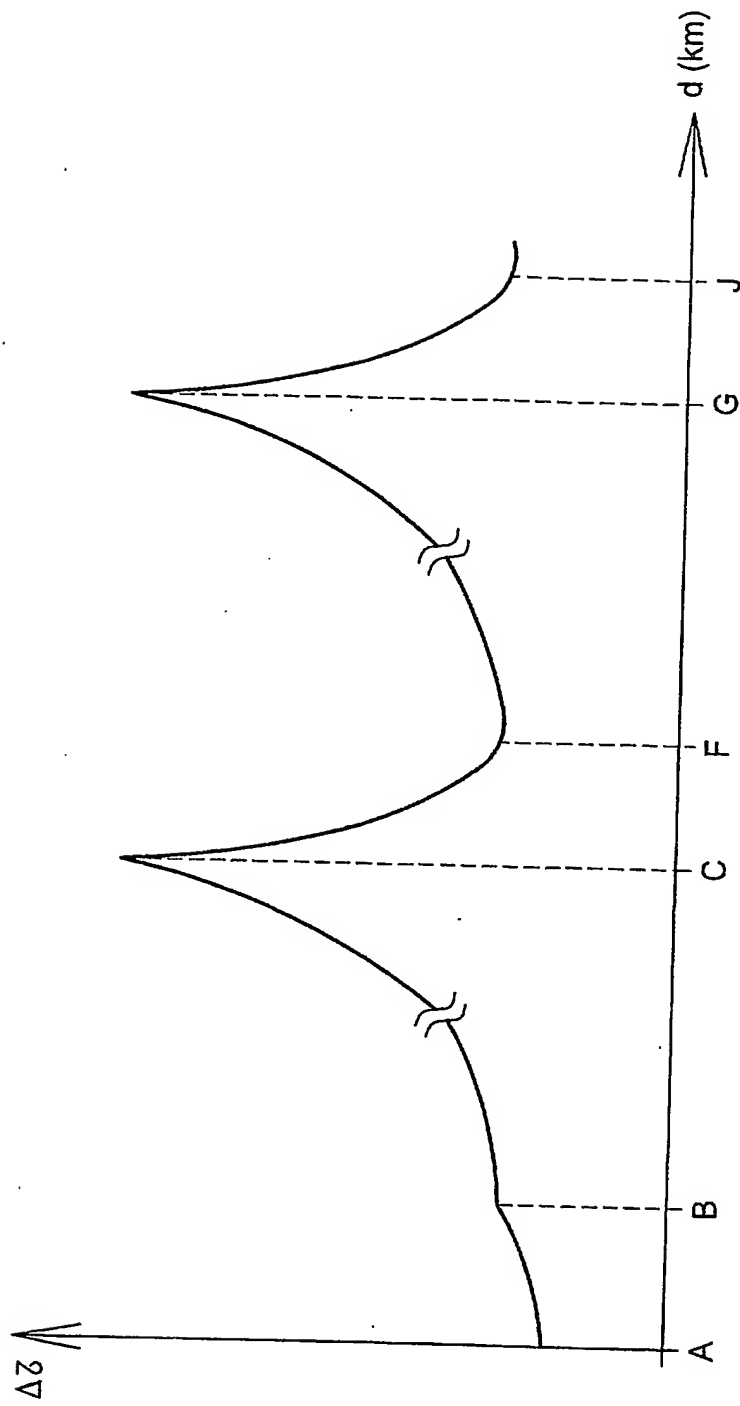


Fig. 3

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1 / 1  
(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

09 1/2 W / 250599

Vos références pour ce dossier (facultatif)		BR 8000/VR/MB	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		030/1466	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)			
Dispositif et procédé de transmission optique à très haut débit, utilisation de ce dispositif et de ce procédé			
LE(S) DEMANDEUR(S) :			
FRANCE TELECOM 6 place d'Alleray F - 75015 PARIS			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		PINCEMIN	
Prénoms		Erwan	
Adresse	Rue	Kernevez	
	Code postal et ville	22290	GOMMENECH
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Paris, le 7 février 2003 Guillaume de LA BIGNE (CPI n°95/0201)		